

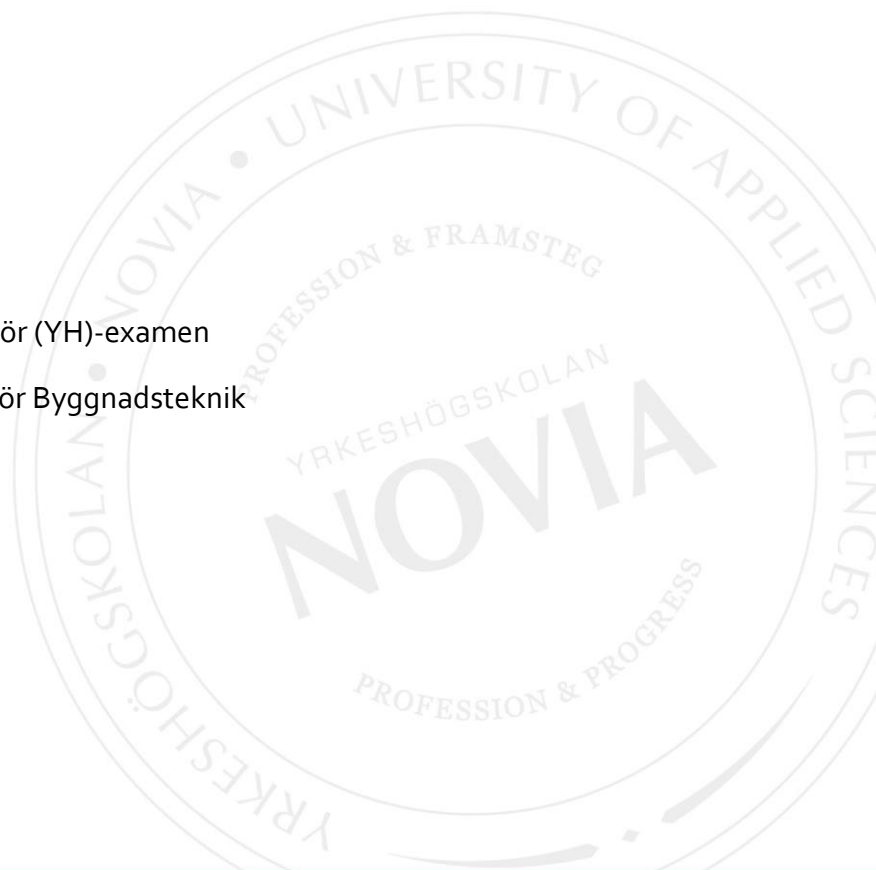
# Från punktmoln till BIM-modell

Timo Hiitola

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Byggnadsteknik

Raseborg 2017



## EXAMENSARBETE

Författare: Timo Hiitola

Utbildning och ort: Byggnadsteknik, Raseborg

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Projektering och byggnadskonstruktion

Handledare: Johan Degerlund

Titel: Från punktmoln till BIM-modell

---

Datum 2.3.2017 Sidantal 36

Bilagor: 0

---

### Abstrakt

Det här slutarbetet handlar om att göra en inventeringsmodell av en existerande byggnad genom att använda ett punktmoln. Det vill säga göra en BIM-modell på basis av existerande information. Målet var att gå igenom krav (YTV 2012) och olika ändamål gällandet inventeringsmodellen. Ett mål var också att för beställaren skapa en slutprodukt som inte är bunden till ett visst program.

Objektet för slutarbetet var en 1980 byggd laboratoriebyggnad i Raseborg. Fastigheten ägs av Fastighets Ab kustregionens utbildningsfastigheter. Hösten 2015 gjorde Novias tredje årets byggstuderande en konditionsgranskning av byggnaden. Samtidigt laserskannade Tietoa Oy byggnaden. Konditionsrapporten och laserskanningen fungerade som material för slutarbetet.

I slutarbetet beskrivs processen att från ett punktmoln åstadkomma en BIM-modell med ett program åt gången. Programmen som användes var: Autodesk ReCap, AutoDesk Revit 2017, Tekla BIMsight och Autodesk A360. Alla program som användes är gratis eller versioner för studerande. Eftersom programmen var gratis eller studentversioner, kunde man inte modellera med högsta noggrannhet. Modellen är gjord med lägsta krävda noggrannhet.

---

Språk: Svenska

Nyckelord: BIM, Inventeringsmodell

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Timo Hiitola

Koulutus ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Rakennesuunnittelu

Ohjaajat: Johan Degerlund

Nimike: Pistepilvestä tietomalliksi

---

Päivämäärä 2.3.2017 Sivumäärä 36

Liitteet 0

---

### Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä olemassa olevasta talosta inventointimalli käyttäen hyväksi pistepilveä. Eli tehdä rakennuksen lähtötiedoista tietomalli. Tavoitteena oli käydä läpi tietomallin eri vaatimukset (YTV 2012) ja käyttötarkoitukset. Tavoitteena oli myös tuottaa tilaajalle lopputuote, joka ei olisi sidottu mihinkään tiettyyn ohjelmistoon.

Kohteena toimi vuonna 1980 rakennettu laboratoriorakennus Raaseporissa. Kiinteistön omistaa Fastighets Ab kustregionens utbildningsfastigheter. Syksyllä 2015 AMK Novian kolmannen vuoden insinööriopiskelijat tekivät kuntokartoituksen kohteesta. Samanaikaisesti Tietoa Oy laserkeilasi koko kiinteistön. Laserkeilaus sekä kuntokartoitus toimivat materiaalina tälle opinnäytetyölle.

Opinnäytetyössä kuvaillaan prosessia pisteilvestä tietomalliksi ohjelma kerrallaan. Opinnäytetyössä käytettiin seuraavia ohjelmia: Autodesk ReCap, AutoDesk Revit 2017, Tekla BIMsight ja Autodesk A360. Kaikki käytetyt ohjelmistot ovat joko ilmaisia tai opiskelijaversioita. Ohjelmistojen versiot rajoittivat mallintamisen tarkkuustasoa. Tämän vuoksi mallintamisessa on käytetty alinta tarkkuustasoa. Tietomalli tuotettiin erilaisille ohjelmistoille ja erilaisiin jatkotarkoituksiin.

---

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: BIM, inventointimalli, tietomalli

---

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Timo Hiitola

Degree Programme: Construction Engineering, Raseborg

Specialization: Structural Engineering

Supervisor: Johan Degerlund

Title: From point cloud to BIM

---

Date 2 March 2017    Number of pages 36    Appendices 0

---

### **Summary**

The objective of this thesis is to produce an inventory BIM (Building information model) from an existing building using point clouds. The purpose is give an account of the requirements (COBIM 2012) and describe different applications of the BIM. The secondary aim is to produce the end product which is not to be bound to any specific software.

The object used as case example is a laboratory building which was built in 1980 and located in Raseborg. The property is owned by Fastighets Ab kustregionens utbildningsfastigheter. In the fall of 2015 the third-year engineering students of Novia made a condition assessment of the building. Tietoa Oy also laser scanned the whole building. The laser scan and the condition assessment report are the raw data used for the BIM.

The whole process of creating a BIM from the point cloud is described in the thesis one software at a time. The used software are as follows: Autodesk ReCap, AutoDesk Revit 2017, Tekla BIMsight and Autodesk A360. Every software is free to use or student versions are available. The versions do somewhat handicap the modelling accuracy, therefore the model is on the lowest model accuracy. The end product BIM is on several platforms for different future use.

---

Language: Swedish    Key words: BIM, inventory model

---

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
2	Vad är BIM? .....	4
2.1	Huvudsakliga målsättningar med användning av BIM .....	4
3	Krav på BIM-modellen i projektets olika skeden.....	6
3.1	Projektets krav – Kravmodell - Vaatimusmalli.....	6
3.2	Projektplanering och planeringsförberedelse – Inventeringsmodell - Inventaatiomalli.....	7
3.3	Förslagsplan – Massmodell - Tilamalli .....	7
3.4	Allmän planering – Preliminär byggnadsmodell – Alustava rakennusosamalli 8	
3.5	Konstruktion – Byggnadsdelsmodell - Rakennusosamalli.....	8
3.6	Mottagning – As built-modell - Toteutumamalli.....	9
3.7	Införande och underhåll – Underhållsmodell - Ylläpitomalli .....	9
3.8	Modellbeskrivning.....	10
4	Inventeringsmodell .....	11
4.1	Kartläggning av startläge .....	11
4.2	Inventeringsmodellens olika noggrannhetsnivåer.....	12
4.2.1	Nivå 1 – Massmodell.....	13
4.2.2	Nivå 2 – Byggnadsdelsmodell.....	14
4.2.3	Nivå 3 – Byggnadsdelsmodell.....	15
4.3	Kvalitetssäkring.....	16
5	Användning av BIM-modellen.....	18
5.1	Användning som underhållsmodell.....	18
6	Exempel Laboratoriebyggnaden.....	21
6.1	Bakgrund.....	21
7	Program som användes.....	23
7.1	Autodesk ReCap360.....	23
7.2	Autodesk Revit 2017 .....	25
7.3	Tekla BIMsight.....	27
7.4	Autodesk A360 .....	29
8	Modellens innehåll.....	30
8.1	Stommen .....	31

8.2	Vattentak.....	32
8.3	Fönster och dörrar .....	32
9	Slutsats .....	34
9.1	Exempel - slutsats .....	35
	Källförteckningen.....	1

# 1 Inledning

Mitt slutarbete går ut på att presentera en metod som får renoveringsbyggandet mer digitaliserat och gör planeringen effektivare samt varför det är viktigt och aktuellt att fokusera på att underhålla våra fastigheter. I arbetet går jag också igenom de krav som för tillfället gäller i Finland för BIM-inventeringsmodellerna. Jag kommer också att gå närmare in på hur vi kan använda BIM-modellen för att förlänga fastighetens livscykel genom att förutsäga kommande reparationer.

## 1.1 Bakgrund

För att Finlands byggnadsbestånd är ungt och utgör en så stor del av vår nationalförmögenhet är det rationellt att upprätthålla värdet genom att underhålla fastigheterna. Kvaliteten på den byggda omgivningen har en inverkan på individens vardagliga välmående och nationella konkurrensförmåga. På sikt är den byggda omgivningens funktionalitet en av de mest centrala faktorer för hållbar utveckling.

Staten och olika fackförbund i Finland har finansierat en rapport om den byggda förmögenheten (ROTI). Rapporten sammanställs av 90 ledande beslutfattare och specialister, och har kommit ut vartannat år sen 2007. I den senaste rapporten 2015 var temat klart: Vi måste göra mer och bättre med mindre resurser.

I Finland utgör den byggda omgivningen till:

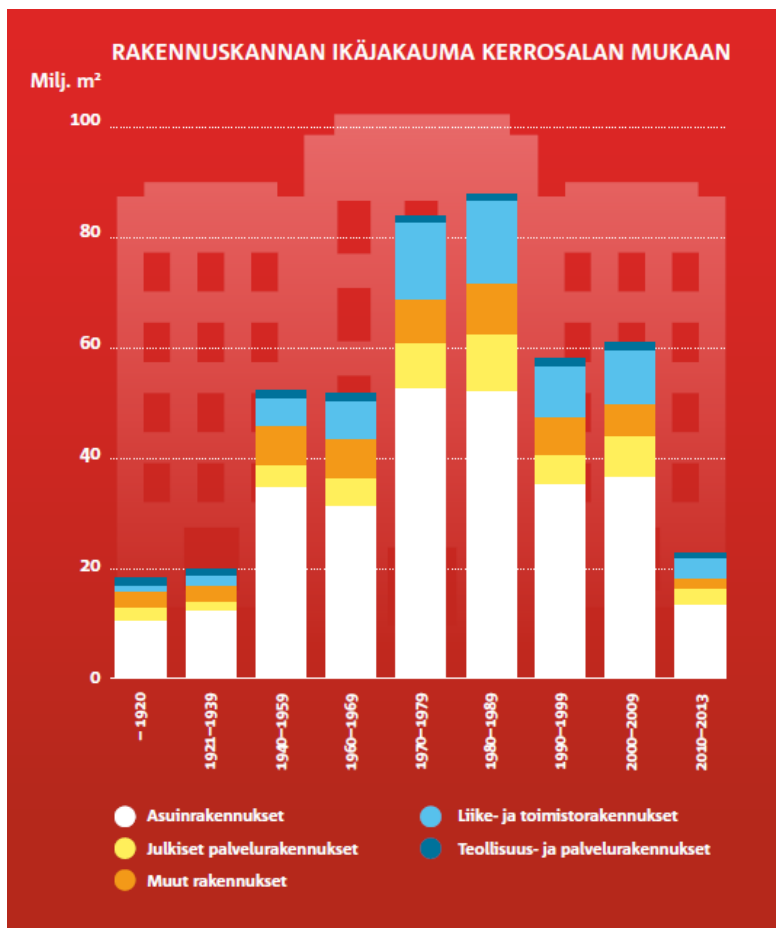
- 99 % av byggnader där människor tillbringar sin tid
- 74 % av den finska nationalförmögenheten
- 46 % av utsläpp av växthusgaser
- 20 % av bruttonationalprodukten
- 11 % av sysselsättningen

(ROTI 2015).

Eftersom fastighetssektorn står för en så pass stor del av vår nationalekonomi och vårt utsläpp av växthusgaser, kommer EU:s energieffektivitetsdirektiv att direkt påverka byggsektorn. Finland borde minska på energin i slutanvändningen till 310 TWh före 2020 som skulle vara 20 % minskning från år 2008. I slutet av 2016 gavs ett förslag till ändringar i EU:s direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda. Motiveringar för förslaget var att utnyttja den stora potentialen för kostnadseffektiv renovering av befintliga byggnader. Renoveringsarbeten och energirelaterade efterinstallationer bidrar med ett nästan dubbelt så stort värde till EU:s byggsektor än nybyggandet. (EU:s direktiv 2010/31/EU).

Statens Ekonomiska Forskningscentral (SEFC) kom 2015 ut med en rapport som behandlade energieffektivitet genom att sanera. Rapporten visar att det lönar sig att öka på fastighetens energieffektivitet samtidigt som man annars måste göra saneringsåtgärder. Genom att använda BIM under planerings- och byggprocessen kan man nå inbesparingar på 10-15 % (ROTI 2015). Sparmöjligheterna fortsätter efter att saneringen är färdig. Hustekniken kan optimeras och modellen användas till att förutse framtida reparationer.

**Tabell 1. Byggnadsår på basen av area. ROTI 2015-rapporten. (Rakennetun omaisuuden tila 2015.)**





För att kunna nå EU:s energikrav och sköta vår nationalförmögenhet behöver vi nya lösningar för att öka på effektiviteten. Hela bygg- och fastighetsbranschens digitalisering är ett alternativ som det lönar sig att utveckla. Finland är på hög nivå gällande digitalisering och BIM, men har ännu mycket att utveckla. Senatfastigheterna som sköter statens fastighetsförmögenhet har länge varit pionjär inom BIM. Redan 2007 kom de ut med spelregler för BIM-planering (som uppdaterades i YTV2012) och har krävt BIM i alla byggprojekt som överskrider en miljon euro. Storbritannien och Norge har från och med 2016 krävt användning av BIM i alla offentliga byggprojekt.

För att kunna utnyttja BIM vid planering, renovering och underhåll är den absolut effektivaste metoden att laserskanna och modellera via punktmoln.

## **2 Vad är BIM?**

Med BIM-teknologi (Building Information Modelling, Byggnadens informationsmodell) skapar man digitalt en eller flera virtuella byggnadsmodeller som motsvarar verkligheten. Dessa modeller stöder planeringen av byggnaden och byggprocessen i alla skeden och möjliggör bättre analys och kontroll än den manuella processen. (Handbook of BIM, 2011). Modellen är inte begränsad till bara planering eller till byggprocessen, utan innehåller information om byggnadens hela livscykel (Timo Lehtoviita, 2012). Möjligheterna att lägga till information till modellen är oändliga. Det kan variera från tillverkare av specifika byggnadsdelar till U-värden för olika material. Till modellen hör också fastställning av byggnadens geometri som presenteras i 3D för att kunna göra olika simulationer (Timo Lehtoviita, 2012). Simulationer kan gälla energieffektivitet eller hur solsken påverkar belysningen i olika rum. Modellen kan också vara i 2D, 4D eller i 5D. BIM-modeller i 4D och 5D indikerar att de innehåller information om byggtiden samt kostnaderna.

### **2.1 Huvudsakliga målsättningar med användning av BIM**

Vid användningen av BIM som en metod i byggprojekt har man som mål att förbättra planerings- och byggprocessens kvalitet, effektivitet och säkerhet samt den hållbara utvecklingen. Modellens syfte är att fungera som ett verktyg genom byggnadens hela livscykel (YTV2012 del 1). Målet är också att förbättra kommunikationen och dataöverföringen mellan olika parter för att minska på olika planerings- eller byggfel och öka effektiviteten (Rajala). Med hjälp av olika analyser och simulationer kan man hitta fel i planeringen och rätta till dem före bygget inleds. En av modellens huvudmål är att bygga ett hus som är ekonomiskt och effektivt att använda och underhålla. (Esa Halmetoja).



**Figur 1. Byggnadsinformationsmodell (autodesk.se).**

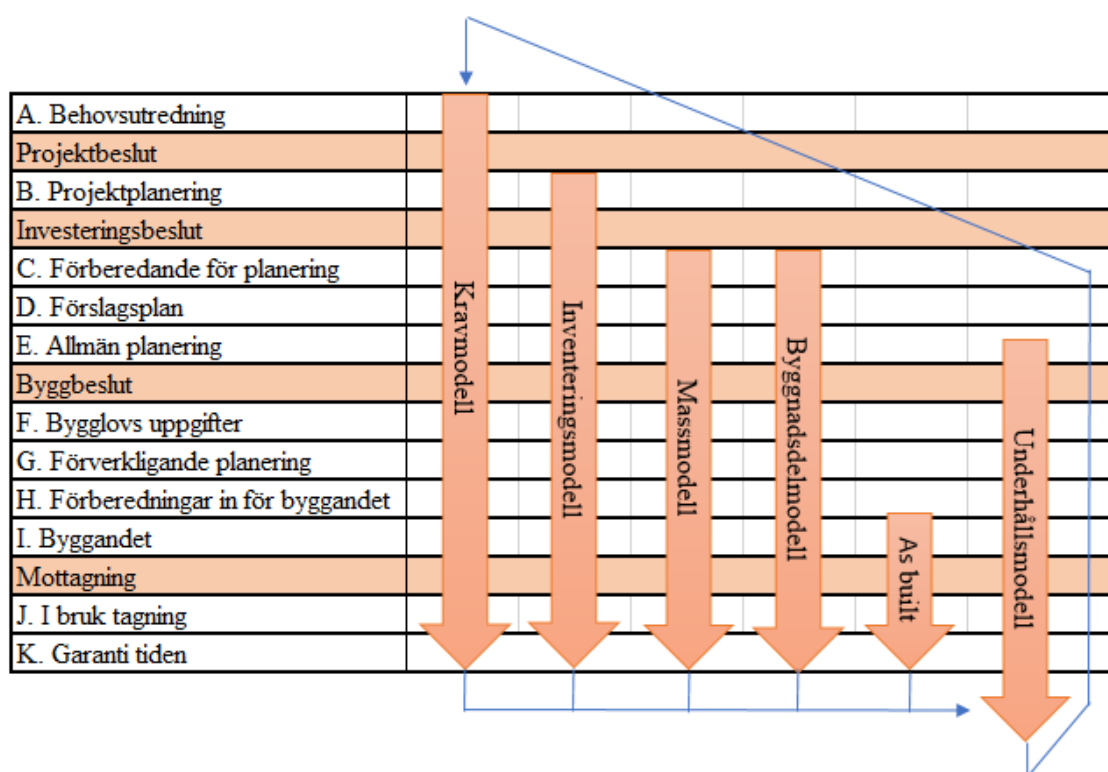
Byggprocessens mest kritiska skede infaller när man ska fatta beslut om att starta projektet. Då hjälper det att ha en detaljrik modell. Visuella modellen hjälper olika parter att komma överens om slutresultatet. (Esa Halmetoja). Fördelarna med BIM är oändliga, men här är de vanligaste:

- Illustrera planeringslösningar
- Hjälpa samordna planen och planeringen
- Stöda projektets beslutfattningsprocesser
- Säkerställa byggprocessens och produktens kvalitet
- Stöda projektets kostnads- och livscykelanalys
- Presentera objektet visuellt

(YTV2012 del 1).

### 3 Krav på BIM-modellen i projektets olika skeden

För att kunna använda och göra BIM effektivare behövs det gemensamma spelregler. De första heltäckande anvisningarna publicerades 2007 av Senatsfastigheter: Teitomallivaatimukset 2007. BIM utvecklades så snabbt och 2012 kom Buildingsmart Finland ut med en uppdaterad version: Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Det här kapitlet beskriver hur BIM-modellen används i olika faser av projektet enligt Yleiset tietomallivaatimukset 2012.



Figur 2. Projektets BIM-struktur. (YTV 2012, del 3.)

#### 3.1 Projektets krav – Kravmodell - Vaatimusmalli

Behoven och kraven på åtgärder i olika rum motiveras och jämförs med varandra. Preliminära rumsbeskrivningar och kostnadsuppskattningar görs i det här skedet. (TELU2012). I början av projektet är BIM-modellen sällan i 3D, utan i tabell- och textform.

Alla versioner bör sparas för att kunna reflekteras i senare skeden av projektet. (YTV2012 del3.) Kravmodellen görs på basis av byggherrens krav, budget och avsikt. Kravmodellens minimikrav är en rumsplan i form av en tabell. I rumsplanen ingår area för olika utrymmen och specificerade krav. Byggherren eller den kommande användaren kan i det här skedet påverka rumsplanen med olika krav. Upprätthållningen blir lättare om rumsplanen finns i elektroniskform. Kraven skall uppdateras så att det går att jämföras med planeringen i senare skede av projektet. I det här skedet får man grunden för den första kostnadsuppskattningen. (YTV 2012 del 3.)

### **3.2 Projektplanering och planeringsförberedelse – Inventeringsmodell - Inventaatiomalli**

Projektplaneringen baserar sig på inledande projektkrav. I det här skedet undersöks möjligheterna för projektets alternativa genomförbarhet och genomföring. När riktlinjerna för planeringen blir färdiga organiseras planeringen. Möjliga planeringstävlingar hålls och nödvändiga förhandlingar hålls. (YTV 2012.) (TELU 2012 del 3.)

I det här skedet kan man göra en byggnadsmodell som kallas inventeringsmodell och en tomtmodell. Modellen modelleras på basis av gamla ritningar, mätningar eller laserskanning som vi gjorde i vårt CASE-exempel. Mer ingående information om inventeringsmodellen finns i kap. 4. (YTV 2012 del 3.)

### **3.3 Förslagsplan – Massmodell - Tilamalli**

I förslagsplanen görs olika förslag på design som uppfyller kraven. Som resultat väljs en förslagsplan till det följande skedet. (TELU 2012.) I förslagsplaneringsskedet söker man den bästa lösningen bland olika massmodeller. Målet är att kunna placera massgrupperingarna och den preliminära modellen på tomten. (YTV 2012 del 3.)

Massmodellen görs på basis av den preliminära massplanen och kraven på energiklass. Minimikraven på massmodellen är att modellera ytterskalet och mellanväggarna. För att kunna utnyttja massmodellen i olika analyser ska fönstren modelleras. För

energisimulationer räknas fönsterns storlek och att väggarna är delade i mellanväggar och ytterväggar.

Utrymmen ska delas in enligt rumsplanen efter de enligt användningsändamålen för utrymmena såsom kontor, förråd och allmänt område. Man skall kunna identifiera utrymmen med olika siffror eller bokstäver som beskriver var utrymmena befinner sig. (YTV 2012 del 3.)

**Tabell 2. Exempel på hur olika utrymmen identifieras.**

Byggnad eller trappa	Nummer på lägenheten	Rums kod	Utrymmets identifikation
<b>C</b>	<b>23</b>	<b>MH2</b>	<b>C.23.MH2</b>

### **3.4 Allmän planering – Preliminär byggnadsmodell – Alustava rakennusosamalli**

I den allmänna planeringen utvecklas förslagsplanen till en genomförbar allmänplan. Allmän planering gäller byggnadens fasta stomme och förändrade layout för rumsplanen. (YTV 2012 del 3.)

Som namnet säger innehåller byggnadsdelmodellen inte bara utrymmen utan också byggdelar. Modellens minimikrav är att den innehåller följande byggnadsdelar:

- Bärande konstruktioner: pelare, balkar, väggar och bjälklag
- Fönster och dörrar utan specifik information
- Väggar klassificerade som yttervägg eller mellanvägg

Om alla byggnadsdelar inte ännu fått specifikt namn kan byggnadsdelarna benämnas enligt Talo-2000. Modellen bör modellera en våning som en helhet. (YTV 2012 del 3.)

### **3.5 Konstruktion – Byggnadsdelmodell - Rakennusosamalli**

Konstruktionskontrollen ser till att byggnaden byggs enligt överenskommelse och att slutresultatet motsvarar planerna. (YTV 2012 del 3.) På basis av den preliminära

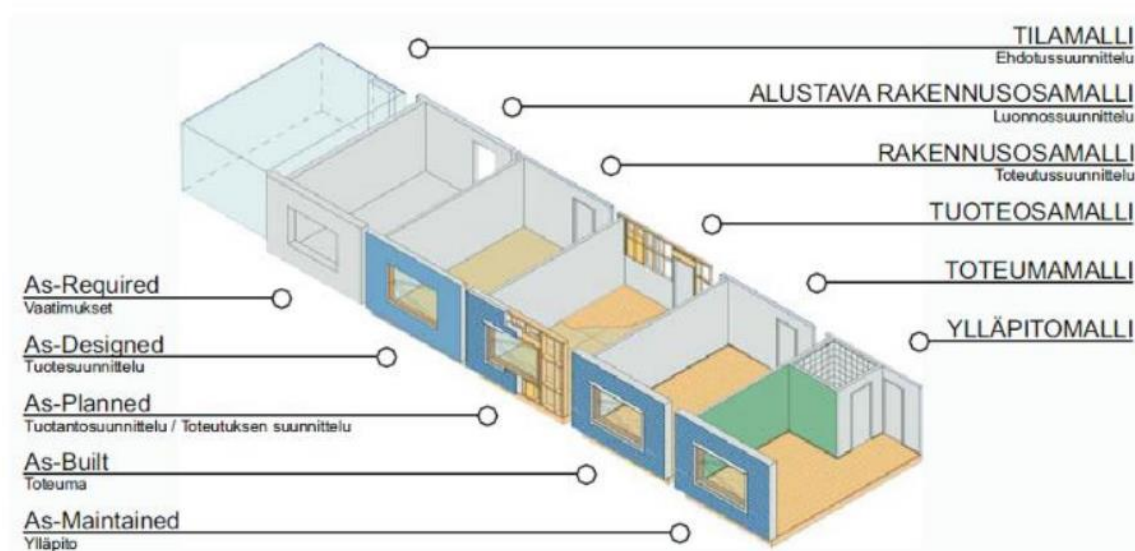
byggnadsdelsmodellen läggs mera väsentlig information om byggnaden till. Modellen ska innehålla konstruktionstyper och specifik information om olika delar som t.ex. dörrar och fönster. Alla byggnadsdelar skall modelleras med ändamålsenliga verktyg t.ex. väggar med väggverktyg. (YTV 2012 del 3.)

### 3.6 Mottagning – As built-modell - Toteutumamalli

När byggnaden är färdig uppdateras byggnadsdelsmodellen så att den motsvarar verkligheten. Alla ändringar som skett under byggprocessen ska finnas i as built-modellen. Modellens minimikrav är samma som för byggnadsdelsmodellen. (YTV 2012 del 3.)

### 3.7 Införande och underhåll – Underhållsmodell - Ylläpitolmalli

Under garantiperioden övervakas byggnadens funktionalitet, görs olika inställningar och korrigeras olika brister. (YTV 2012 del 3.) Underhållsmodellen fungerar som byggnadens servicebok som går igenom mer ingående i kap. 5.1. Fastighetsservicen kan använda modellen som ett administrativt verktyg. Underhållsmodellen innehåller bara väsentlig information för underhåll av fastigheten.



Figur 3. Olika skeden på modellen (senaatti.fi)

### 3.8 Modellbeskrivning

Modellbeskrivning är ett dokument som beskriver modellens innehåll samt ändringar. Alla planeringsdiscipliner ansvarar för uppdateringen av dokumentet när det finns skäl till det. Uppdateringsskäl är att modellen uppdateras, att det sker avvikelser från kraven eller rekommendationerna, att modellen delas ut till andra parter t.ex. kostnadsberäkning. (YTV 2012 del3.) Dokumentets värde stiger desto mera program och planerare som är med i projektet. Modellens framtida syfte bestämmer också dokumentets värde.

Modellbeskrivning för inventeringsmodellen bör innehålla följande saker beskrivna:

- Mätningsskäl, noggrannhet och datum
- Avvikelser i mätningen
- Ursprung för startdatas
- Program som använts
- Koordinatsystem, koordinatsystemets motpunkter och våningsinformation
- Namngivningssystem för filer och byggnadsdelar
- Nivåer som använts i modellen
- Avvikelser från krav och rekommendationer
- Granskningsdokument
- Övrigt material från mätningarna

(YTV 2012, del 2).



## 4 Inventeringsmodell

Inventeringsmodellen är en modell som baserar sig på information om startläget för ett gammalt hus. Information om startläget är t.ex. geometriska mått eller materialinformation. Inventeringsmodellen behöver inte nödvändigtvis vara i 3D. Om åtgärderna är små kan man klara sig med information om startläget i tabellform. Men för att ha mest nytta av inventeringsmodellen bör det göras en geometrisk 3D-modell. (Marko Rajala). I detta kapitel går vi igenom olika krav i inventeringsmodellen från de allmänna byggnads informationsmodellskraven 2012 (YTV 2012 del 2).

### 4.1 Kartläggning av startläge

En inventeringsmodell görs på basis av mätningar, existerande ritningar, laserskanner eller elektronisk takymeter. Problemet med gamla byggnader kan vara att ritningarna är förstörda, existerar inte längre eller har inte blivit uppdaterade.

Noggrannheten och kraven på mätningarna och utgångsdata bestäms i början av projektet. Noggrannheten definieras med tre olika nivåer.

- **Nivå 1** – Laseravståndsmätare och existerande ritningar.
- **Nivå 2** – Elektronisk takymetermätning.
  - Krav: avvikelsen av de definierade mätpunkterna måste vara mindre än 5 mm.
- **Nivå 3** – Laserskanning (terrester och flygburen).
  - Krav: brus d.v.s. felmarginal  $\pm 10$  mm.
  - Krav: Punkttäthet: mätpunkter inom mindre än 5 mm intervall.

(YTV 2012 del 2.)

För att få information till inventeringsmodellen gör man undersökningar och inventeringar. Det finns också här tre olika nivåer för inventeringens noggrannhet och krav. Kraven bestäms i början av projektet.

- **Nivå 1** – Rumsidentifikationer och generell klassifikation av byggnadsdelar
  - T.ex. MVSK01 = mellanvägg osv.
- **Nivå 2** – Rumsinventering och klassifikation av byggnadsdelar
  - Samma information som på Nivå 1 men med specifikationer om olika rum.
- **Nivå 3** – Byggnadens historia och specifika undersökningar.
  - Man inkluderar undersökningar om byggnadens historia, kondition och skadliga ämnen i inventeringsmodellen.

(YTV 2012 del 2).

I vårt CASE-exempel använde vi **Nivå 3** gällande mättningskrav. **Nivå 2** och delvis **Nivå 3** på kraven för inventering och undersökningar. Fastighetsinventeringsrapporten, som vi gjorde i skolan, fungerar som bas för informationen om byggnadens kondition.

## 4.2 Inventeringsmodellens olika noggrannhetsnivåer

Gamla byggnader är aldrig geometriskt perfekta. De är sneda, lutande eller böjda. Därför är det inte lämpligt att sträva efter absolut noggrannhet i inventeringsmodellen. Inventeringsmodellen har olika tillåtna måttavvikelser:

- 10 mm på hörnpunkter i byggelement.
- 25 mm på ytor t.ex. väggar och golv.
- 50 mm för gamla oregelbundna strukturer såsom takkonstruktioner.

Själva inventeringsmodellen har tre olika noggrannhetsnivåer. Nivån beror på hur långt projektet har kommit eller vad det bestäms i början av projektet. I vårt CASE-exempel följer vi Nivå 1.

(YTV 2012 del 2).

#### 4.2.1 Nivå 1 – Massmodell

Med hjälp av mätningarna (punktmoln i vårt fall) gör man en inventeringsmodell och ritningar som är på massmodellsnivå (se kap. 3.1.). Tabellen nedan definierar vad som ska modelleras och på vilken detaljnivå. Byggelement beskrivs enligt TALO2000.

**Tabell 3. Krav på vad som skall modelleras på nivå 1. (YTV 2012 del 2.)**

Byggelement	Krav
<b>Utrymmen</b>	
Rumsarea	Modelleras, utrymmen får rumsidentifikationer och definierad inventeringsinformation
<b>11 Tomtmodell</b>	
3D ytmodell och vegetation som ska sparas	Definieras på projektbasis
<b>12 Byggnadsdelar</b>	
122 Bottenbjälklag, 123 Stommen och 125 Externa konstruktioner	Definieras på projektbasis
1241 Yttervägg	Modelleras utan detaljer
1242 Fönster	Modelleras utan karmindelning
1243 Ytterdörrar	Modelleras utan detaljer
1263 Vattentak	Modelleras
<b>13 Interiör</b>	
1336 Sanitetsinredning	Definieras på projektbasis

(YTV 2012 del 2).

#### 4.2.2 Nivå 2 – Byggnadsdelsmodell

Nivå 2 är den grundläggande nivån för inventeringsmodeller. Inventeringsmodellen bör vara på samma nivå som den preliminära byggnadsdelsmodellen (se kap. 3.4.). Inventeringsmodellen av Nivå 2 behövs efter projektplaneringen när massmodellen inte räcker till.

Tabell 4. Krav på vad som skall modelleras på nivå 2. (YTV 2012 del 2.)

Byggelement	Krav
<b>Utrymmen</b>	
Rum area	Modelleras, utrymmen får rumsidentifikationer och definierad inventeringsinformation
<b>11 Tomtmodell</b>	
3D ytmodell	Modelleras
Vegetation som ska sparas	Modelleras
115 Tomtkonstruktioner	Modelleras
<b>12 Byggnadsdelar</b>	
1221 Platta på mark	Synliga delar modelleras
123 Stommen	Synliga delar modelleras utan detaljer
1241 Yttervägg	Modelleras utan detaljer
1242 Fönster	Modelleras med karmar och detaljer
1243 Ytterdörrar	Modelleras med karmar
125 Externa konstruktioner	Modelleras
1261 Vattentakskonstruktioner	Modelleras simpelt
1263 Vattentak	Modelleras
1265 Glastakskonstruktioner	Modelleras
1266 Takfönster och -luckor	Modelleras
<b>13 Interiör</b>	
131 Interna avdelare	Modelleras utan detaljer
1323 Innertaks konstruktioner	Modelleras utan detaljer
1331 Standardinredning	Modelleras som utrymme
1336 Sanitetsinredning	Modelleras som utrymme
1342 Eldstäder och rökanaler	Synliga delar modelleras

(YTV del 2).

### 4.2.3 Nivå 3 – Byggnadsdelsmodell

Samma som Nivå 2, men mycket mera detaljerad. Oftast behövs en noggrannhet av den här nivån för modellen när objektet har något slags konserveringskrav.

Tabell 5. Krav på vad som skall modelleras på nivå 3. (YTV 2012 del 2.)

Byggelement	Krav
<b>Utrymmen</b>	
Rumsarea	Modelleras, utrymmen får rumsidentifikation och definierad inventeringsinformation
<b>11 Tomtmodell</b>	
3D ytmodell	Modelleras
113 Beläggningar	Modelleras men inte ytvattnets dräneringssystem
114 Tomtutrustning	Modelleras, position och identifikation
115 Tomtkonstruktioner	Modelleras
<b>12 Byggnadsdelar</b>	
1221 Platta på mark	Synliga delar modelleras
123 Stommen	Modelleras med detaljer
1241 Yttervägg	Modelleras med detaljer och med möjliga ornament
1242 Fönster	Modelleras med karmar och detaljer
1243 Ytterdörrar	Modelleras med karmar
1244 Fasadutrustning	Modelleras
125 Externa konstruktioner	Modelleras
1261 Vattentakskonstruktioner	Modelleras, toleransen definieras på projektbasis
1263 Vattentak	Modelleras
1264 Vattentaksutrustning	Modelleras
1265 Glastakskonstruktioner	Modelleras
1266 Takfönster och -luckor	Modelleras
<b>13 Interiör</b>	
131 Interna avdelare	Modelleras med detaljer
132 Interiörytor	Modelleras med detaljer
133 interiör utrustning	Modelleras som utrymme
1341 Underhåll plattformar	Modelleras
1342 Eldstäder och rökanaler	Synliga delar modelleras
<b>2 Teknikdelar</b>	
21 Rördelar	Definieras på projektbasis
22 Ventilationsdelar	Definieras på projektbasis
23 Eldelar	Definieras på projektbasis
25 Standardteknik	Definieras på projektbasis
2511 Hiss	Mätning av hisschakt och modellering

(YTV 2012 del 2).

### 4.3 Kvalitetssäkring

Kvalitetssäkring är en väsentlig del vid insamlingen av info från startläge gällande mätningar och modellerande. Därför finns det olika krav och kontrolblanketter för att säkerställa kvalitén.

Olika punkter som ska kontrolleras gällande **mätningar**:

- Mätningmaterial ska vara i överenskommet koordinatsystem
- Alla utrymmen och byggnadsdelar enligt definition är uppmätta och motsvarar mätningresultaten av byggnaden
- Finns inga interna fel i mätningarna. Till exempel enstaka mätningar i fel koordinatsystem
- Mättnoggrannheten är enligt kraven
- Mätningmetod, -noggrannhet och -datum är uppskrivna
- Möjliga fel eller avvikelser och deras skäl skrivs upp i BIM-beskrivningen

(YTV 2012 del 2)

Vid kvalitetsgranskning av modellen innebär det också att man granskar alla ritningar och dokument gjorda på basis av modellen. Kvalitetsgranskningen kräver en tillräckligt sakkunnig person. Vid kontrollen ska man använda olika program som hjälpmedel.

Punkter som ska kontrolleras:

- Modellens mätnoggrannhet, modellen ska motsvara mätresultaten
- Ritningarnas mätnoggrannhet, ritningarna ska motsvara modellen och mätresultaten
- Modellen och ritningarna är i överenskommet koordinatsystem och överenskommen höjd
- Utrymmen och byggnadsdelar är modellerade enligt kraven
- Utrymmen och byggnadsdelarna innehåller information enligt kraven

- Modellen följer de tekniska kraven
- Modellen har inga krockar eller överlappningar

(YTV 2012 del 2).

## **5 Användning av BIM-modellen**

När inventeringsmodellen är färdig kan man ta i bruk den. Modellens första mål kan vara att visuellt visa och jämföra olika åtgärdsförslag. Detta kan hjälpa att få en bättre uppfattning om slutresultatet innan man gör investeringar.

När man bestämmer sig för att starta ett saneringsprojekt fungerar modellen som ett startläge för huvudplaneraren. Huvudplaneraren och andra i projektet involverade planerare, t.ex. konstruktionsplanerare, VVS-planerare bygger på modellen och gör en kombinationsmodell. Kombinationsmodellen analyseras med olika simulationsprogram. Här är inbesparingarna under planeringsskedet störst. Med hjälp av analyserna hittar man fel och gör byggnaden mer energieffektiv. Efter att kombinationsmodellen blivit granskad och godkänd kan man använda modellen som ritning till själva byggandet. Att behandla och tolka modellen kräver kunskap av entreprenören, men modellen genererar också traditionella ritningar.

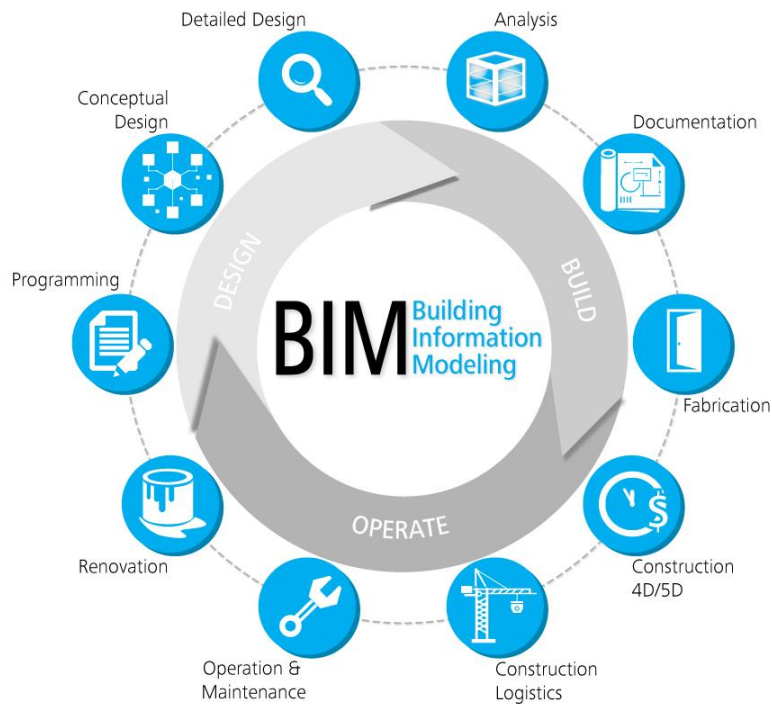
Efter att saneringsprojektet är över, görs en as built-modell där alla ändringar som gjordes under byggprocessen uppdateras. Utgående från as built-modellen kan det göras en effektiv underhållsmodell.

### **5.1 Användning som underhållsmodell**

I princip har BIM-modeller använts och utvecklats mer inom planering. Men för att kunna använda fastigheten energi- och kostnadseffektivt borde vi satsa på användningen av modellen vid underhåll. Den information som behövs för att effektivt underhålla en fastighet kan delas in i aktiv och passiv information. Till aktiv information hör olika larm från olika mätare. Passiv information är materialinformation, rumsinformation och serviceböcker. Modellen innehåller färdigt all passiv information och färdigheter för aktiv information, men de blir nyttiga bara när de presenteras på ett bättre och lättare sätt. Därför är sättet på vilket information presenteras minst lika viktigt som själva informationen. Problemet är att det



finns inga överenskomna regler eller någon verksamhetsmodell för hur modellen ska uppdateras eller användas.



**Figur 4. Bild på fastighetens livscykel med BIM (advancedsolutions.com).**

Den största nyttan underhållsmodellen ger är att kunna förutse kommande reparationer. Om man t.ex. ser att värmesystemets pumpdel håller på att bli så gammal att det rekommenderas att den byts ut inom två år, kan man se till att reparationen görs på sommaren då pumpen inte är i kritisk användning. För att ha ett så pass avancerat system, måste man integrera underhållsmodellen med ett elektroniskt system. Dessa system kallas även fastighetens elektroniska servicebok. Som sagt utvecklas det mer BIM-användande inom planeringen men t.ex. Gränlund Oy har lanserat olika program för fastighetsserviceböcker som Senatfastigheterna använder.

Exempel på hur underhållsmodellen kan användas:

- Visuellt
  - Lokalisering av husteknik i mellanväggar eller nedsänkta tak

- Lokalisering av olika apparater
- Tekniska apparaternas effektområde
- Planering av nya rumsändringar
- Förberedande arbete
  - Rutten till problemområdet
  - Rätt servicebok
  - Rätta reservdelar och verktyg
- Säkerhet
  - Dörrkarta och nyckelserier
  - Lokaliseringskarta för brandlarm
  - Nödutgångar och räddningsplan

Problemet är att det inte finns några överenskomna regler eller verksamhetsmodeller över hur modellen borde uppdateras eller användas.

## 6 Exempel Laboratoriebyggnaden

I det här exemplet kommer jag att visa processen för hur man får en färdig BIM-modell från ett punktmoln. Som startmaterial använder jag fyra olika punktmoln och en konditionsrapport. Jag kommer att använda modelleringsprogram som är gratis för studerande d.v.s. studentversioner (mer information om program som använts finns i kap.7).



Figur 5. Bild på Laboratoriebyggnaden (Timo Hiitola).

### 6.1 Bakgrund

Hösten 2015 fick Novias tredje årets byggnadsteknikstuderande (BYGG13) ett uppdrag från Fastighets Ab kustregionens utbildningsfastigheter. Uppdraget var att göra en konditionsgranskning på laboratoriebyggnaden i seminarieparken. Fastighets Ab kustregionens utbildningsfastigheter beställde också en laserskanning av byggnaden av Tietoa Oy. Inventeringen och laserskanningen beställdes för att kartlägga fastighetens nuläge och för att kunna bestämma fastighetens framtida användningsändamål.

Laboratoriebyggnaden är byggd 1980, av betong och består av två våningar. Bärande byggelement är ytterväggarna och betongpelarna.

Konditionsinventeringen gjordes genom att först undersöka byggelement visuellt, sedan med värmekamera och fuktmätare. Resultaten är beskrivna i bild och text. Konditionen av varje byggelement har klassificerats från 1 till 5 enligt följande tabell.

**Tabell 6. Konditionsrapportens klassificeringstabell. (BYGG 13, Konditionsgranskning 2015.)**

Konditionsklass	Beskrivning
5	Ny eller motsvarar ny; inga åtgärder krävs inom 10 år
4	Bra; lätt underhåll om 6-10 år
3	Tillfredställande; lätt underhåll inom 1-5 år. Eller: grundlig reparation inom 6-10 år.
2	Dålig; grundlig reparation inom 1-5 år. Eller: utbyte av byggnadsdel inom 6-10 år.
1	Svag; utbyte av byggnadsdel inom 1-5 år.

Med hjälp av Rakennustietos RT-kort 18-10922 (*kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot*) gjordes en 100-årsplan för fastighetens underhåll. (Bygg 13 konditionsrapport)

Tietoa Oy laserskannade byggnadens första våning, andra våning och fasaderna. Vattentaket fotograferades fotogrammetriskt med en flygande drönare.

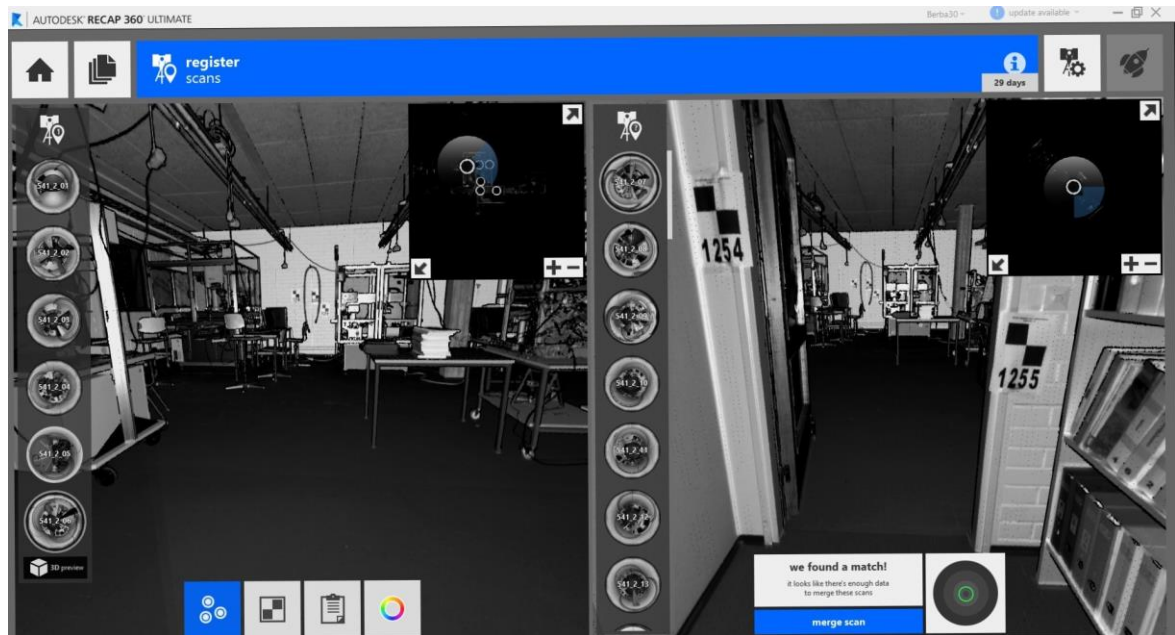
## 7 Program som användes

Eftersom modelleringsprogram är dyra, använde jag olika Autodesk-program och Tekla BIMsight. Autodesk erbjuder gratis studentversioner för olika program för studerande. Autodesk används på olika håll i världen och många av programmen har blivit standardprogram inom byggbranschen som t.ex. Autocad och Revit.

Alla program som användes stöder IFC-formatet (*Industry Foundation Classes*). IFC möjliggör överföringen av modellen mellan olika modelleringsprogram. (Buildingsmart.fi).

### 7.1 Autodesk ReCap360

Autodesk Reality Capture 360 är programmet som bearbetar rådata, dvs. laserskanningarna. Tietoa Oy gjorde ungefär 12 laserskanningar per sektion som t.ex. Första våningen. För att skapa ett punktmoln måste laserskanningarna registreras. ReCap360 har en automatiserad funktion för att registrera skanningar, men för att vara på säkra sidan kan man registrera skanningarna manuellt. Den manuella processen går ut på att man säkerställer positionen på skanningen genom att identifiera tre punkter som hittas i följande skanning. Om alla tre punkter hittas vet vi och programmet var skanningarna ligger i förhållande till varandra. För att få hjälp att identifiera punkterna kan man klistra olika numrerade ”måltavlor” på väggarna.



**Figur 6. Manuell registrering av diverse skanningar. De tre punkterna på väggen hittas i båda skanningarna.**



**Figur 7. Exempel på riktgivande "måltafla" (inego.fi).**

Efter att punktmolnet är färdigt kan man börja rensa ut onödiga "punkter" från molnet. Som onödiga punkter räknas olika objekt som kommit i vägen för laserskannern, som t.ex. träd. Samtidig blir filstorleken mindre.

När rensningen är färdig, omvandlar man filformatet till *Autodesk ReCap Scan* så att det går att överföras till Autodesk Revit.

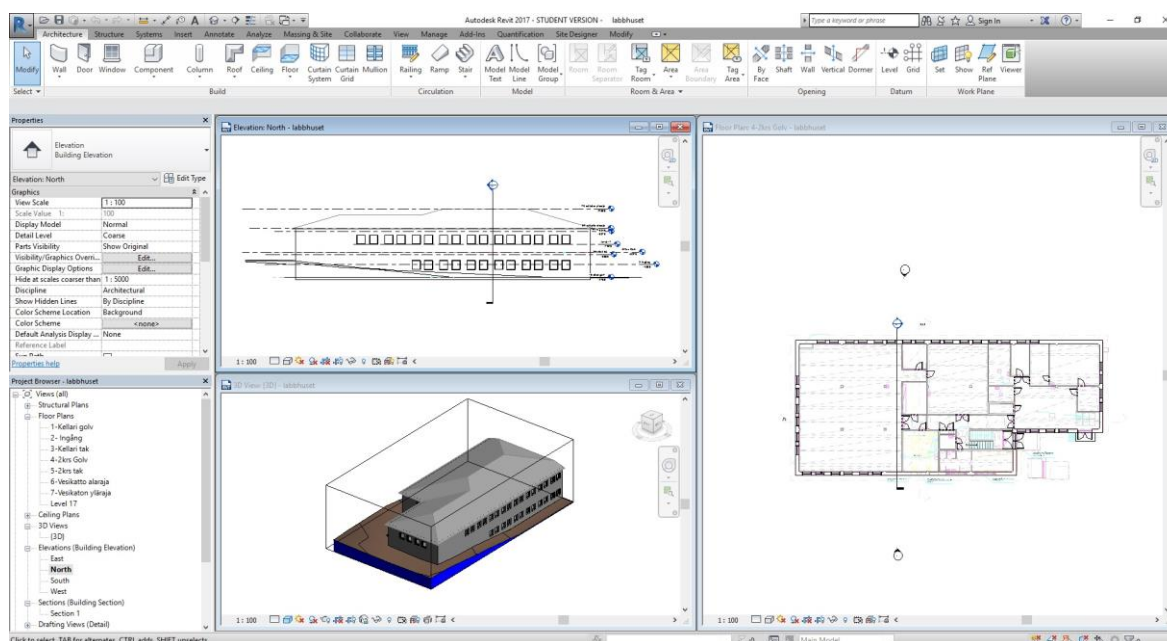




Figur 8. Färdigt rensat punktmoln på objektet

## 7.2 Autodesk Revit 2017

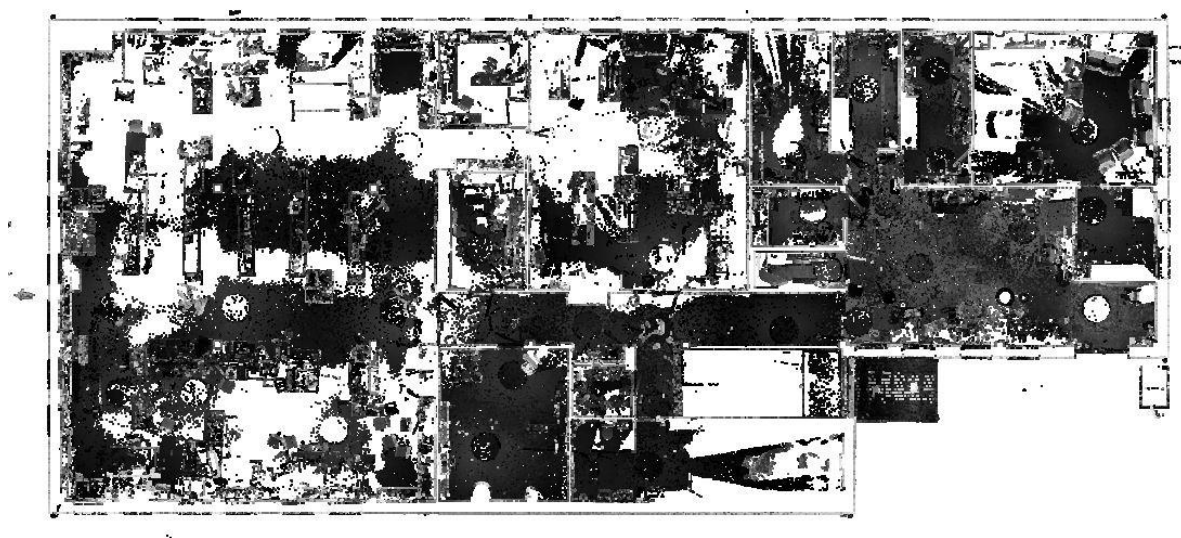
Autodesk Revit är ett planeringsverktyg som används av arkitekter, konstruktionsplanerare samt VVS-planerare. Revit är som AutoCAD men skillnaden är att Revit formar 3D-modeller från färdiga objekt. Den andra stora skillnaden jämfört med AutoCAD är förmågan att addera information till modellen. Detta gör Revit till ett effektivare BIM-verktyg.



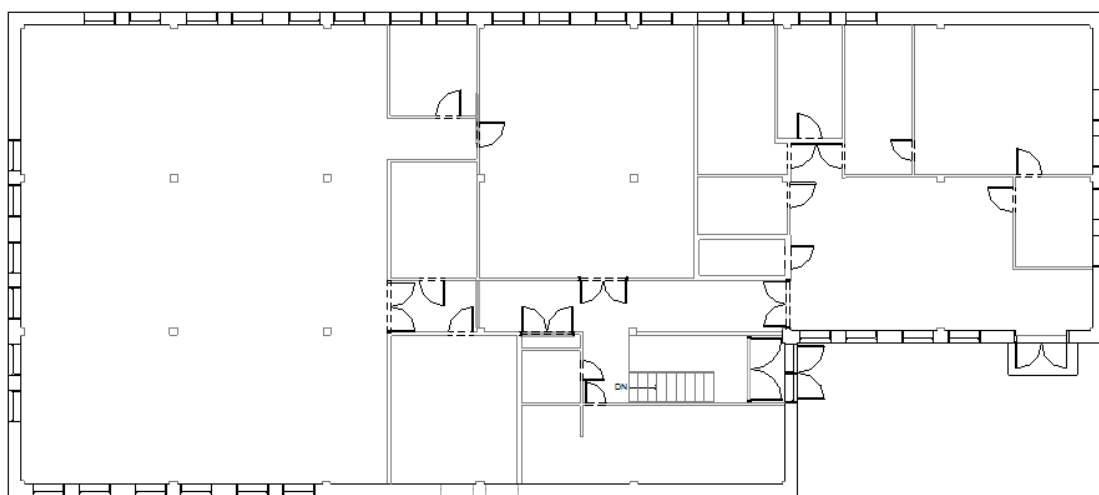
Figur 9. Bild på Autodesk Revit 2017 arbetsvy.

Med Revit börjar den geometriska modelleringen utgående från punktmolnet. Från punktmolnet får man exakta mått på objektet. Genom att skära olika skärningar i punktmolnet får man ut rumshöjd och tjocklek på olika byggnadsdelar. Det är bara att följa

punktmolnets kanter för att få objektets exakta mått. När man modellerar olika byggnadsdelar är det viktigt att man använder specifika modelleringsverktyg, t.ex. väggar med väggverktyget. Detta underlättar modellens framtida användning t.ex. konstruktionsritningar, preliminär kostnadsberäkning och att inkludera information från rapporter till rätta objekt.



**Figur 10. Skärning på punktmolnet i Revit 2017.**

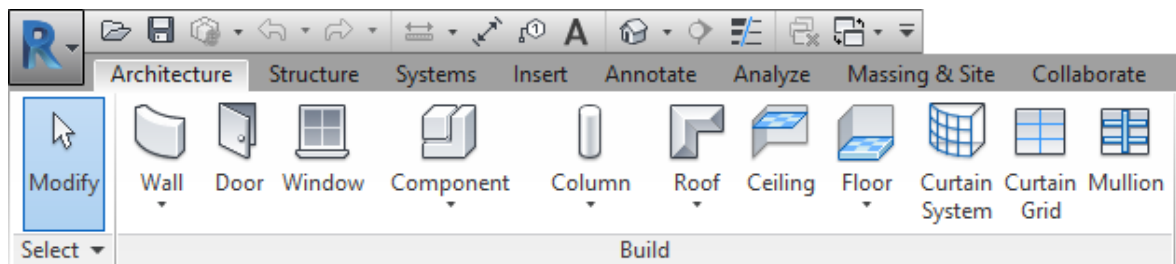


**Figur 11. Färdig skärning ritad från punktmolnet.**

Med byggnadens exakta geometriska mått och storlek på alla håll av byggnaden har man en färdig 3D-modell. Från modellen får man ut olika 2D-ritningar som fasad, bottenplan och



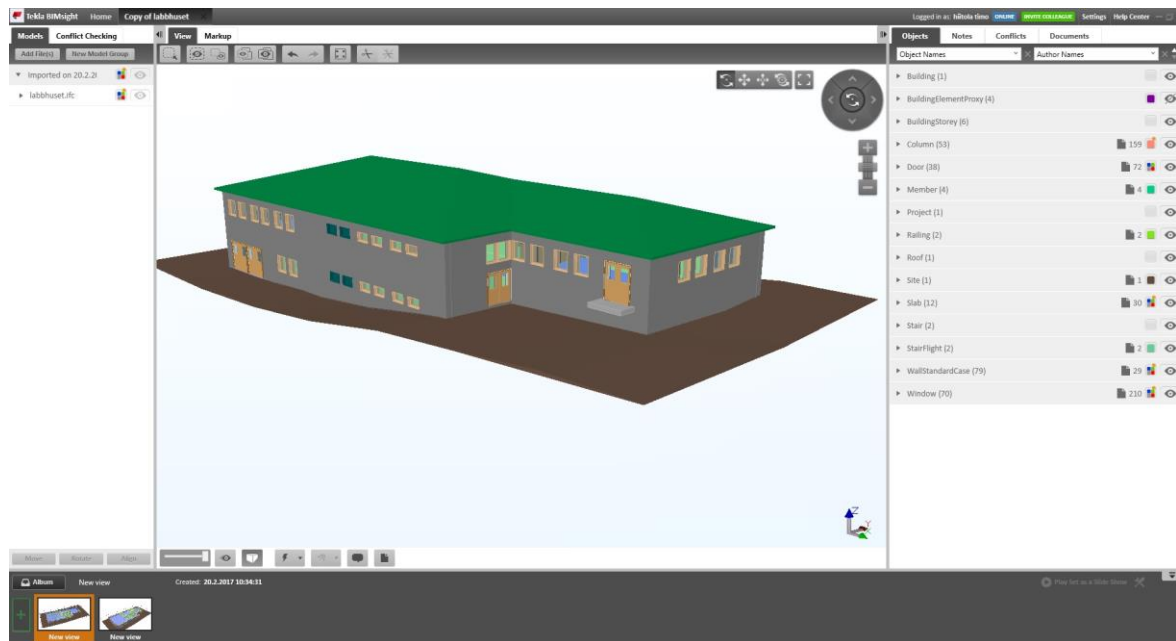
skärningar. Modellen kan användas i framtiden genom att i vårt fall addera information från fastighetsinventeringen till modellen och flytta modellen till en presentationsvänlig plattform.



**Figur 12. Modellerings verktyg i Revit2017.**

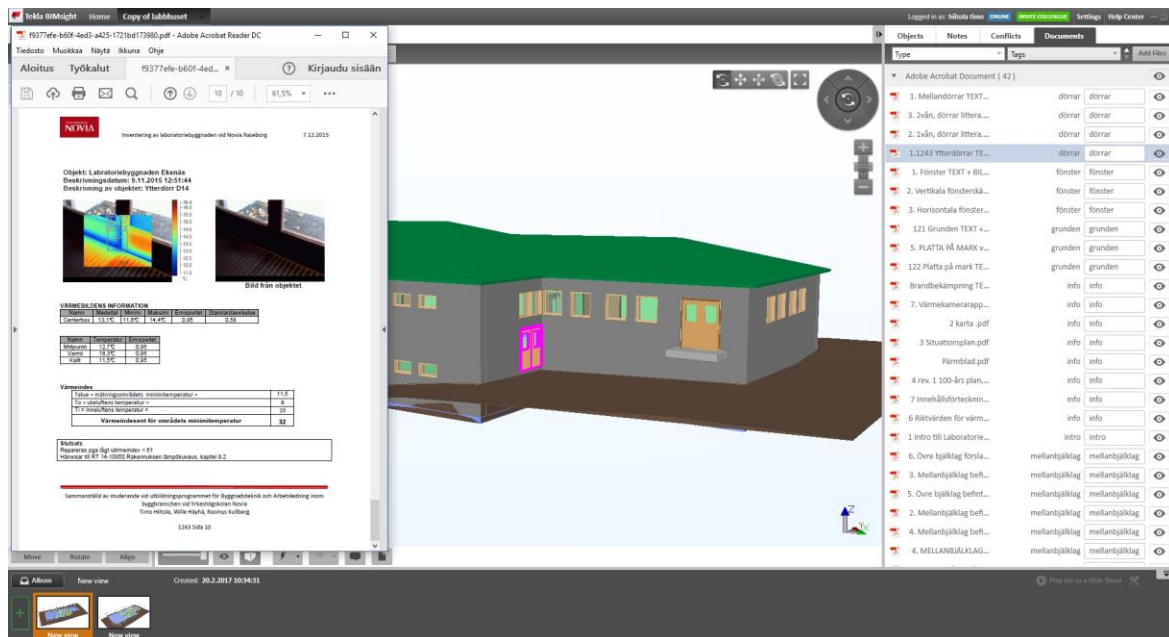
### 7.3 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight är programmet som knyter ihop fastighetsrapporten och modellen genom att länka ihop objektet med väsentlig information från rapporten. Programmet är gjort så att det ska vara lätt att presentera modellen och undersöka modellen. När det är lätt att undersöka modellen, är det lättare att hitta olika planeringsfel och modelleringsfel. Möjligheten att kunna knyta olika dokument som foton, pdf eller kommentarer till olika objekt gör Tekla BIMsight till ett värdefullt verktyg. Det hjälper att lokalisera olika fel och ändringar. Programmet kan även användas som en överenskommen plattform för mellangranskningar. Tekla BIMsight är dessutom gratis och fungerar även på datorplatta, vilket gör det enkelt att presentera och överföra produkten till kunden.



**Figur 13. Bild på Tekla BIMsight arbetsvy.**

Som man ser i figur 5 är vyn delad i tre delar. I första delen till vänster kan man kontrollera olika modellers synlighet. I vårt fall har vi bara en modell. I mitten har vi rutan för själva modellen, där vi också hittar olika verktyg för att undersöka modellen. Den sista delen till höger är det viktigaste. Den innehåller fyra flikar: Objekt, Kommentarer, Konflikter och Dokument. Under Objekt kan man kontrollera olika objektgruppers visibilitet och hittar information om specifika objekt. Under fliken Kommentarer kan olika planeringsdiscipliner kommentera modellen och påpeka fel de hittar i modellen, något som minskar på planeringsfelen. Under Konflikter visas vilka objekt som står i konflikt med varandra dvs. vilka objekt som krockar. Den viktigaste delen för inkluderingen av fastighetsrapporten i modellen är fliken Dokument. Här finns hela rapporten i delar och anknutna till gällande objekt.



**Figur 14. Objektet som är bundet till rapporten är markerat. Rätta delen av inventeringsrapporten öppnas.**

## 7.4 Autodesk A360

En liknande plattform som Tekla BIMsight för att dela olika modeller för granskning i olika skeden av projektet. Skillnaden är att A360 är webbaserad. Inga installationer behövs för att se modellen. A360 fungerar även som en molnbaserad databank för projektet och möjliggör smidigare arbetsflöde inom projektet.

A360 har samma funktioner som Tekla BIMsight. Man kan t.ex. kommentera olika objekt och få information om olika objekt. Största skillnaden är att man med A360 inte kan länka filer till olika objekt. Det är en mycket viktig egenskap då man ska knyta ihop konditionsrapporten med modellen.



**Figur 15. Skärmdump på A360 tablet applikationen.**

A360 fungerar bra som en databank till projektet medan Tekla BIMsight fungerar bättre som ett verktyg. Eftersom A360 sparar all information i molnet, fungerar den utmärkt med telefon, datorplatta och dator.

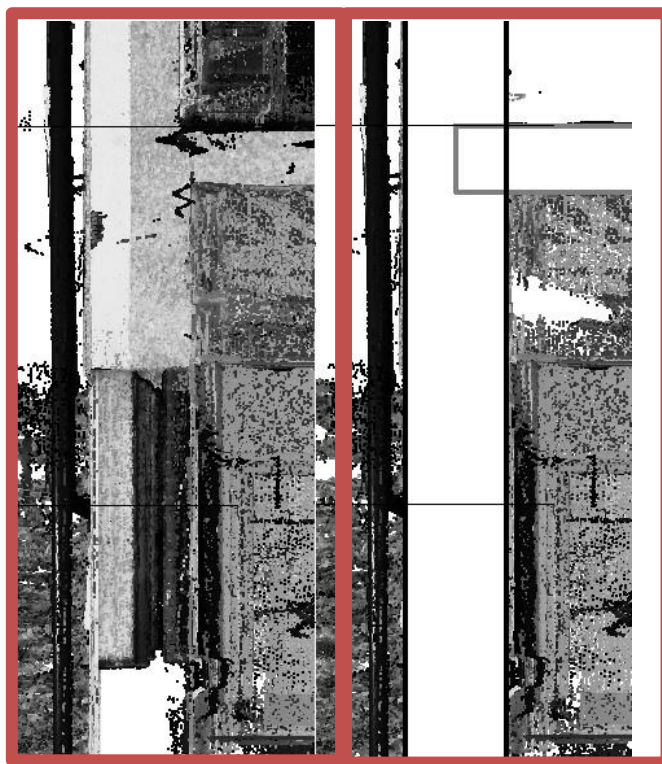
## **8 Modellens innehåll**

Modellen innehåller bara byggtekniska byggnadsdelar och deras geometri. Eftersom vi har ett punktmoln som utgångsmaterial, modellerar man bara synliga byggnadsdelar. Även om en del av VVS-tekniken sys i punktmolnet, hör det inte till inventeringsmodellen. Tomten är inte modellerad enligt mätningar utan lutningarna och höjden har tagits från punktmolnet. Modellen är modellerad så noggrant som möjligt med huvudfokus på de bärande konstruktionerna. Detta betyder att fasaden inte heller är modellerad.

## 8.1 Stommen

Till stommen hör pelare, balkar och bärande väggar. I vårt fall har vi många pelare och ytterväggarna som bär upp konstruktionen. Byggnadselementens bärighet framgår ur inventeringsrapporten.

Ytterväggens geometri fås genom en kombination av punktmolnen från båda hållen av väggen. Från punktmolnets olika skärningar får vi höjden och positionen. Väggen modelleras sedan med väggverket. Då man bara vill veta väggens geometriska egenskaper är det allt vi behöver för att få de exakta måtten. Mellanbjälklagets geometriska egenskaper fick man fram med exakt samma teknik. Mellanbjälklaget modellerades med golvverket. Figur 16 demonstrerar hur man från punktmolnets skärning får ut tjockleken. Figur 10 och 11 visar också bra hur man får tjockleken och positionen.

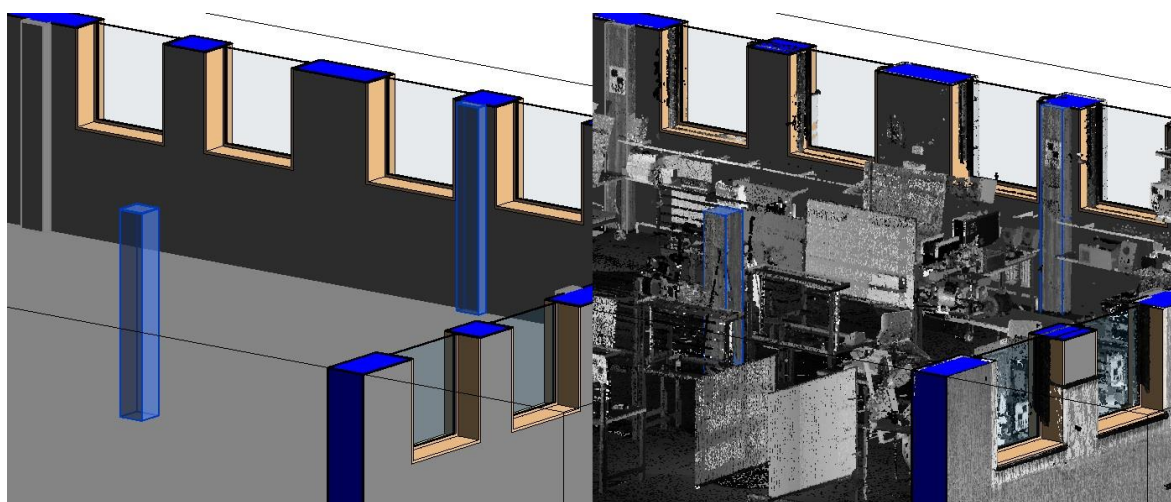


**Figur 16. Skärning på punktmolnet. På höger sida skärningen med den modellerade väggen och mellanbjälklaget med rätt tjocklek. Revit 2017.**

Modelleringen av pelarna fungerar på samma sätt som väggarna. Med en kombination av punktmoln och olika skärningar får man ut tjockleken, höjden och positionen. Problemet med pelarna var att en del fanns delvis inne i väggen. Pelarna som inte syns helt och hållet är estimerade att vara lika stora som alla andra pelare i samma plan. På första våningen var pelarna 350 mm x 350 mm. På andra våningen 300 mm x 300 mm.



**Figur 17. Bottenplan med två pelare uppifrån. Pelaren till vänster är delvis inne i ytterväggen. Revit 2017.**



**Figur 18. Samma två pelare som i figur 17 i 3D vy. Till höger sida med punktmoln. Revit 2017.**

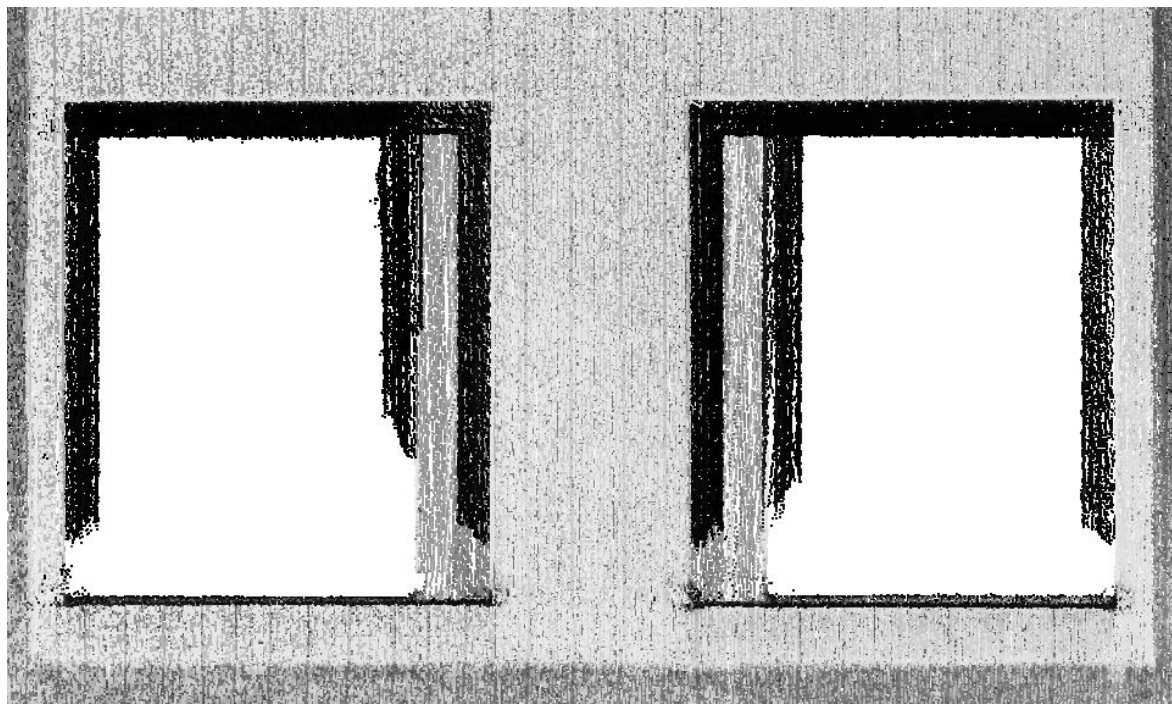
## 8.2 Vattentak

Vattentaket modellerades med Revits egna takverktyg. Lutningarna och måtten togs från punktmolnet. Rännorna, stuprören och annan utrustning som tillhör taket modellerades inte.

## 8.3 Fönster och dörrar

I modellen användes Revits egna basic objekt för dörrar och fönster, vilket gör att de inte utseendemässigt stämmer med verkligheten. Viktigaste var att få storleken att stämma exakt med verkligheten. Den exakta storleken fick man genom att jämföra inventeringsrapporten med punktmolnet. Det är inte alltid lätt att få helt exakta mått från punktmolnet när det gäller fönster. I rapporten hade måtten tagits för hand, vilket kan vara en noggrannare metod än

punktmoln gällande fönster och dörrar. I figur 19 ser man hur otydliga fönstren är i punktmoln.



**Figur 19. Bild på fönster från fasaden. Revit 2017**



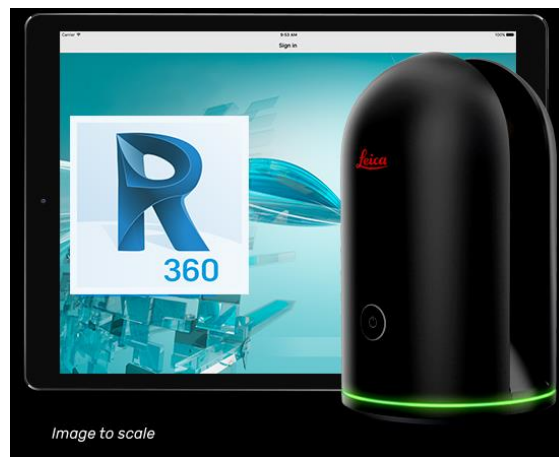
## 9 Slutsats

Med tanke på framtiden inom byggbranschen i Finland och Europa kommer renoveringsbyggandet att spela en stor roll. Största delen av de befintliga byggnaderna är i grundrenoveringsskick och inte energieffektiva. För att uppnå EU:s krav gällande byggnadernas energiprestanda behöver vi nya och effektiva metoder vid renoveringarna.

Digitalisering och användning av BIM borde tas i användning mer för att kunna göra besparingar under planering, renovering och underhållning. För att dokumentera en gammal byggnad behöver man bra utgångsinformation, som man oftast får genom att se på gamla ritningar. Men gamla ritningar har sina problem. Om byggnaden är mycket gammal finns det ofta inga ritningar. Om ritningar finns, har de inte blivit uppdaterade med små ändringar. Då har man två möjligheter. Börja mäta alla mått och gå igenom alla förändringar som inte stämmer med de gamla ritningarna, eller laserskanna byggnaden. Laserskanningen är noggrannare och snabbare.

Problem med användningen av BIM-lösningar är att de kan kännas onödiga i mindre renoveringar och bara relevanta vid större projekt. Själva laserskanningen kostar ganska mycket för tillfället. Det är svårt att motivera renoveringar och användning av digitala lösningar om de kostar mycket. Men det finns bevis på att man med tiden gör stora inbesparingar genom att investera i början av projektet. Ändringar i attityden mot nya lösningar sker långsamt. Tekniken utvecklas hela tiden vilket får priserna att sjunka. Våren 2017 kommer Autodesk och Leica ut med den första professionella laserskannern (BLK 360) med ett förmånligt pris. Autodesk ReCap 360-licensen är inkluderad i priset.



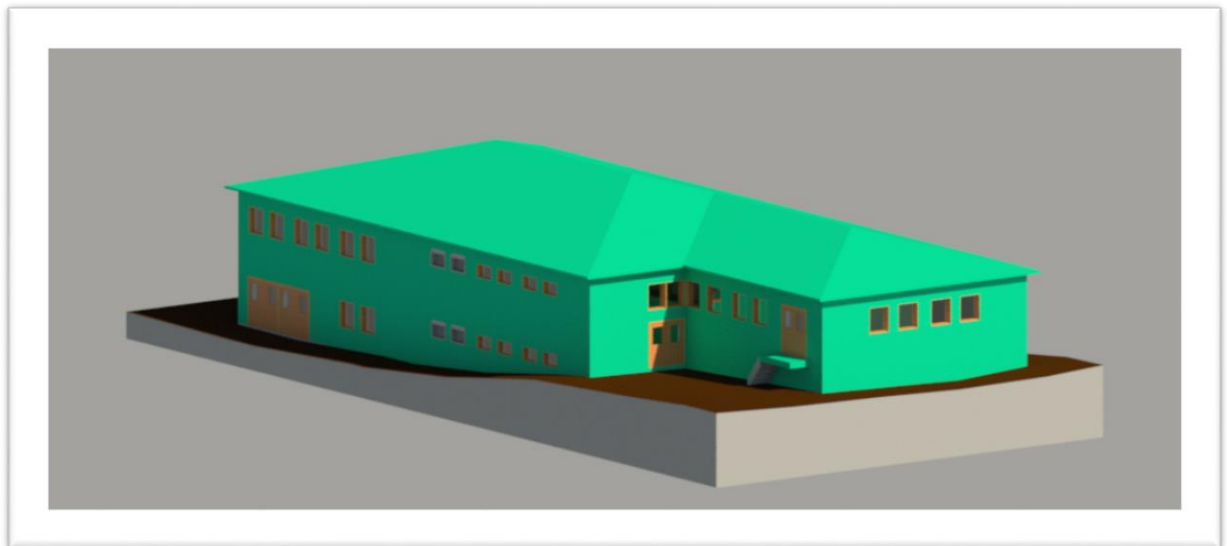


Figur 20. Framtidens effektiva laserskanning (spar3d.com).

## 9.1 Exempel - slutsats

Med tanke på framtiden och på hur snabbt fastigheternas digitalisering sker är den här metoden väldigt användbar. Som jag i arbetet har konstaterat, finns det problem med gamla byggnadsritningar och utgångsdata. Det här är ett väldigt effektivt sätt att få husets mått och egenskaper digitaliserade. För att få fastighetens information och ritningar uppdaterade behövs nya mätningar (laserskanning) och en konditionsrapport. Dessa två gjordes på laboratoriebyggnaden hösten 2015 . Från punktmolnet fick man exakta och bra mått lätt och snabbt. Därmed var det väldigt lätt att modellera byggnadens geometriska form. Av den tydliga 3D-modellen får man ut fasadritningar, bottenplan och skärningar.

Själva slutprodukten var att sammanslå rapporten med modellen i en plattform som inte var beroende av dyra modelleringsprogram. Gratisprogrammet Tekla BIMsight var lämpligt för ändamålet. Här framkommer några problem gällande rapporten: Problemet med rapporten var att den aldrig gjordes för att finnas inne i modellen som information. Problemet med det här är att applikationen av information från rapporten till modellen är en aning otydlig. Det är inte så lätt att lokalisera olika problempunkter och avläsa rapporten. Rapporten har dock all information som behövs, men den optimala applikationen till rätta objekt kräver mycket manuellt arbete.



**Figur 21. Färdigt rendererad bild på modellen.**

Största nyttan med tanke på modellens framtida användning är själva 3D-modellen med exakta geometriska mått. Den kan fungera som botten för framtida planer. Arkitekten kan börja sitt jobb direkt i modellen. 3D-modellens presentationsmöjligheter kan hjälpa investerare att fatta beslut.

## Käällförteckningen

Buildingsmart Finland, 2012. *Yleiset tietomallivaatimukset, osa 2. [Online]*

[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012\\_osa\\_2\\_lahtotilanne.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012_osa_2_lahtotilanne.pdf) [hämtat: 2.12.2016].

Buildingsmart Finland, 2012. *Yleiset tietomallivaatimukset, osa 3. [Online]*

[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012\\_osa\\_3\\_ark.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012_osa_3_ark.pdf) [hämtat: 2.12.2016].

Buildingsmart Finland, 2012. *Yleiset tietomallivaatimukset, osa 12. [Online]*

[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012\\_osa\\_12\\_yllapito.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012_osa_12_yllapito.pdf) [hämtat: 2.12.2016].

Buildingsmart Finland. *Tietomallistandardit. [online]*

<https://buildingsmart.fi/standardit/> [hämtat: 13.2.2017].

Eastman C. & Teicholz P. 2011 *BIM Handbook: A guide to building information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.*

EU, 2016. *Amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings. [online]*

[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1\\_en\\_act\\_part1\\_v10.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v10.pdf) [hämtat: 22.2.2017].

Halmetoja E., 2016. *Tietomallit ylläpidossa. [Online]*

[https://www.senaatti.fi/filebank/6099-Tietomallit\\_yllapidossa.pdf](https://www.senaatti.fi/filebank/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf) [hämtat: 8.12.2016].

Kortelainen M., 27.04.2016. *Töitä tarjolla – korjaaminen kasvaa neljällä miljardilla vuoteen 2030. Rakennuslehti. [online]*

<http://www.rakennuslehti.fi/2016/04/toita-tarjolla-korjaaminen-kasvaa-neljalla-miljardilla-vuoteen-2030/> [hämtat: 12.1.2017].

Lehtoviita T., 2012. *Tietomallien avulla kohti parempaa rakennushankkeen tiedonhallintaa*. [online]

<http://docplayer.fi/7313198-Tietomallien-avulla-kohti-parempaa-rakennushankkeen-tiedonhallintaa-13-10-2012-timo-lehtoviita-taustaa.html> [hämtat: 4.1.2017].

RIL, 2010. *BIM2010*. [Online]

<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus/bim-2010.html> [hämtat: 13.12.2016].

RIL, 2015. *Rakennetun omaisuuden tila ROTI 2015*. [online]

[http://roti.web31.neutech.fi/wp-content/uploads/2015/12/ROTI\\_2015\\_NET\\_sivut\\_FINAL\\_250215.pdf](http://roti.web31.neutech.fi/wp-content/uploads/2015/12/ROTI_2015_NET_sivut_FINAL_250215.pdf) [hämtat: 4.1.2017].

Tekla, *Mitä on BIM*. [Online]

<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim> [hämtat: 9.12.2016].

Vatt, 2015. *Korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräysten aluetaloudelliset vaikutukset*. [online]

<http://vatt.fi/documents/2956369/3012201/t182.pdf> [hämtat: 12.12.2016].

Ympäristöministeriö, 2010. *Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017*. [online]

[http://era17.fi/wp-content/uploads/2010/10/ERA17\\_loppuraportti.pdf](http://era17.fi/wp-content/uploads/2010/10/ERA17_loppuraportti.pdf) [hämtat: 12.2.2017].

Ympäristöministeriö, 2007. *Korjausrakentamisen strategia 2007-2017*. [online]

[file:///F:/Downloads/YMra\\_28\\_2007.pdf](file:///F:/Downloads/YMra_28_2007.pdf) [hämtat:10.1.2017].